



Studi Jarak Kekar Berdasarkan Pengukuran Singkapan Massa Batuan Sedimen di Lokasi Tambang Batubara

Oleh:

Saptono, S., Kramadibrata, S., Sulistianto, B., Irsyam, M.

Ringkasan

Perdasarkan hasil penelitian bahwa pengaruh skala sangat berperan dalam menentukan kekuatan batuan salah satu penyebabnya adalah pengaruh dari jarak bidang kekar. Pada sistem klasifikasi massa batuan jarak bidang kekar merupakan salah satu parameter untuk menentukan kualitas batuan dan kekuatan massa batuan. Hasil penelitian berdasarkan pengukuran singkapan di massa batuan sedimen di tambang batubara menunjukkan bahwa distribusi jarak bidang kekar terhadap frekuensi mengikuti model fungsi distribusi eksponensial negatif. Fungsi distribusi frekuensi ini menyerupai model distribusi frekuensi pada jenis massa batuan yang lain yang telah diteliti sebelumnya. Pengukuran dilakukan dengan metode *scanline* sepanjang 473 m dengan jumlah bidang kekar sebanyak 2547 bidang kekar. Pengukuran bidang kekar dilakukan pada singkapan massa batuan batupasir dan batulumpur di daerah lowwall tambang batubara. Dengan demikian untuk menentukan kualitas dan kekuatan batuan massa batuan sedimen berdasarkan pengukuran singkapan dapat dilakukan dengan menerapkan persamaan Priest & Hudson.

Kata kunci: bidang kekar, jarak bidang kekar, distribusi frekuensi, RQD dan kelas massa batuan.

1. Pendahuluan

Tidak seperti teknik perekayasa material yang lain bahwa material batuan merupakan material yang unik untuk para perancang. Hal ini dapat dilihat bahwa batuan adalah material kompleks yang sangat bervariasi sifatnya, sifat ini banyak dijumpai di batuan di tambang. Lebih lanjut lagi, bahwa suatu pilihan dari material batuan hanya tersedia pada suatu lokasi saja tidak ditemukan di lokasi yang lain akan tetapi meskipun mungkin akan dijumpai pada di lokasi yang lain untuk sebuah proyek, sampai batas tertentu, untuk menjadi rujukan kekuatan batuan di sekitar pengalihan. Hampir semua, para perancang dan geologist dihadapkan dengan batuan sebagai suatu material yang tersusun dari blok-blok batuan yang dipisahkan dengan berbagai jenis bidang ketidakmenerusan, seperti kekar, sesar, bidang perlapisan dsb. Susunan blok-blok pada batuan menjadi suatu massa batuan. Sehingga, sifat keteknisan baik sebagai batuan utuh dan massa batuan harus dipahami. **Deere & Miller (1966)** adalah orang yang pertama kalinya mengusulkan penentuan kelas batuan berdasarkan kuat tekan uniaksial, hasilnya batuan dapat diklasifikasi sebagai batuan sangat keras, batuan keras, batuan keras sedang, batuan lemah, batuan sangat lemah (**Bieniawski, 1989**). Kekurangan dari klasifikasi batuan utuh ini tidak dapat memberikan data kuantitatif yang mewakili massa batuan. Sehingga, **Bieniawski (1973)** membuat suatu klasifikasi massa batuan dengan parameter kuat tekan uniaksial ini

adalah salah satu parameter untuk menentukan kelas massa batuan, selain parameter spasi kekar, rock quality designation, kondisi kekar, kondisi air tanah dan orientasi bidang kekar terhadap arah pengalihan. Sehingga lima parameter yang lain sangat berperan pada penentuan kelas massa batuan. Sehingga kondisi bidang kekar ini harus diketahui dengan benar. Pada tulisan ini salah satu sifat yang akan dibahas adalah jarak bidang kekar yang terdapat di batuan sedimen di daerah tambang batubara beriklim tropik.

2. Lokasi dan Geologi

2.1. Lokasi

Penelitian mengenai jarak bidang kekar dilakukan di tambang batubara di daerah Tutupan, Tanjung, Tabalong, Kalimantan Selatan yang dikerjakan oleh PT. Adaro Indonesia. Lokasi tambang ini berjarak 232 km dari kota Banjarmasin. Secara umum batubara yang diproduksi adalah jenis batubara lignit dan sub-Bituminous.

2.2. Geologi

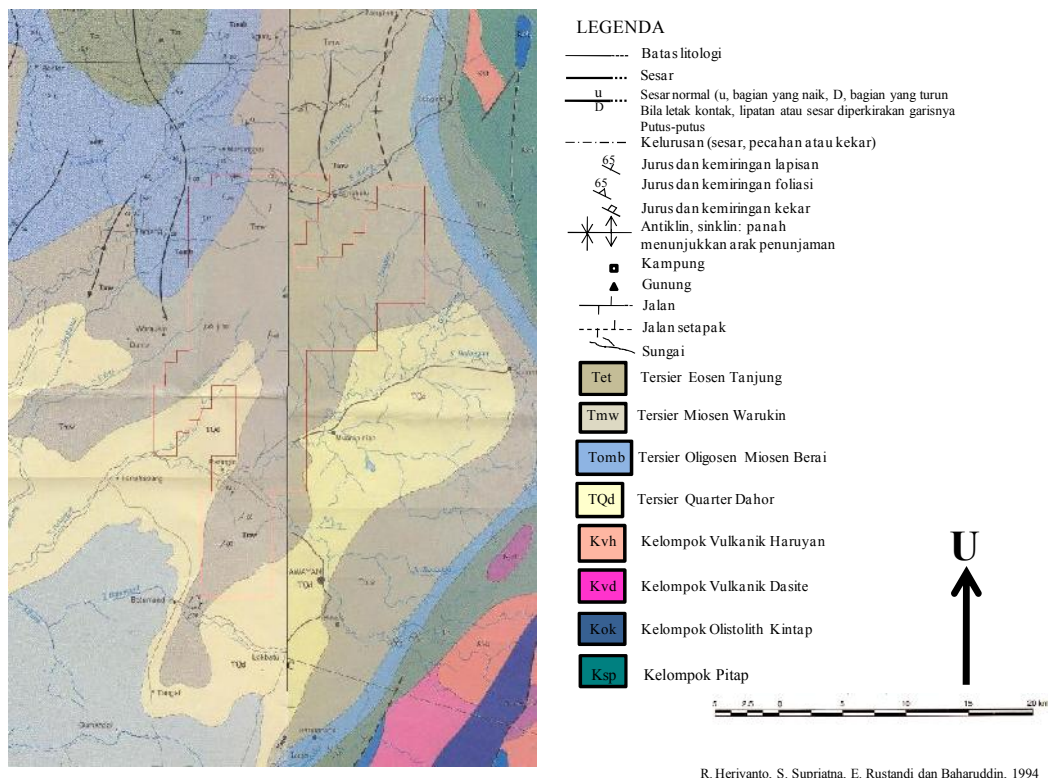
Geologi dan stratigrafi daerah Tutupan seperti tergambar pada Gambar 1. Bukit Tutupan dengan panjang sekitar 20 km tersebar dari timur laut ke barat daya. Bukit ini dibentuk oleh adanya pergerakan dua struktur sesar yang berdekatan satu dengan lainnya. Salah satu struktur sesar itu adalah struktur sesar Dahai tersebar sepanjang bagian barat kaki bukit Tutupan, yang awalnya ada di Desa Buliak di



PROSIDING SIMPOSIUM DAN SEMINAR
GEOMEKANIKA KE-1 TAHUN 2012
MENGAGAS MASA DEPAN REKAYASA BATUAN &
TEROWONGAN DI INDONESIA

selatan dan terus berlanjut sampai timur laut diluar areal. Sesar ini diinterpretasikan seperti terletak pada batas antara Formasi Dahor di sebelah barat dan Formasi Warukin di timur. Formasi Warukin terdorong diatas Formasi Dahor, adapun sesar lain adalah Tanah Abang-Tutupan Timur mendorong sesar yang keluar sepanjang timur kaki bukit. Sesar tersebut meluas sepanjang selatan Dahai sampai ke

lapangan minyak timur laut Tepian Timur. Kejadian sesar-sesar ini telah dibuktikan lewat data seismik dan pengeboran pada sumur minyak. Tanah Abang-Tutupan Timur merupakan salah satu struktur *antiklin* yang saat ini masih ada dan terletak di bagian barat kaki bukit Tutupan. Batubara pada Blok Tutupan memiliki ketebalan sampai 50 meter dengan kemiringan berkisar antara 30° sampai 50°.



Gambar 1. Peta geologi regional PT. Adaro Indonesia pada lembar Amuntai dan lembar Sampanahan (Pusat Survei Geologi; 1994, 2007)

3. Lokasi pengukuran bidang diskontinuitas

Lokasi pengukuran karakterisasi massa batuan dilakukan di beberapa tempat di Lowwall Pit Pama, Sis, Buma dan RA. Sedangkan, karakterisasi massa batuan dilakukan di 22 penampang yang terdiri dari 13 penampang di Pit Pama, 5 penampang di Pit Sis dan 4 penampang di Pit Buma dan Pit RA. Pemilihan lokasi karakterisasi massa batuan berdasarkan pada kelengkapan data laboratorium maupun struktur, kemudahan operasional dan aman. Karakterisasi massa batuan yang dilakukan di tambang Tutupan pada umumnya berada di lereng lowwall.

4. Karakterisasi Massa Batuan

Karakterisasi massa batuan adalah proses pengklasifikasian massa batuan dengan cara melakukan observasi yang berhubungan dengan geometri kekar dan kondisi kekar. Geometri kekar meliputi pengukuran orientasi kekar, spasi kekar dan kemenurunan kekar. Sedangkan kondisi kekar meliputi kekasaran kekar, kekuatan dinding kekar, lebar bukaan kekar, isian pada kekar, pelapukan, dan luahan air tanah pada kekar. Dalam karakterisasi massa batuan terdapat dua jenis batuan yaitu batupasir (batupasir kasar dan batupasir halus) dan batulumpur.



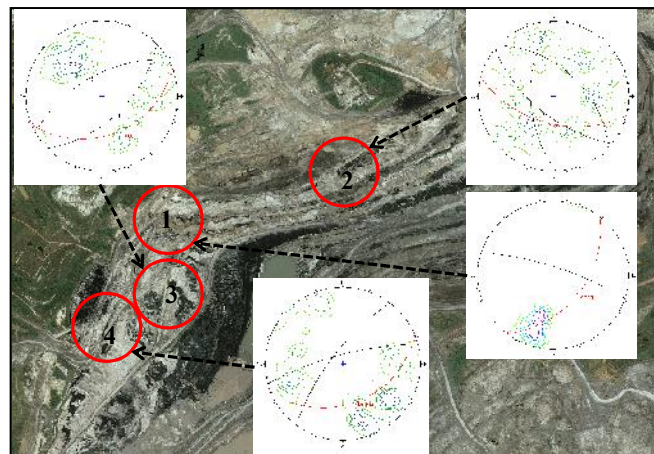
4.1. Pengukuran Orientasi Kekar

Pengukuran orientasi kekar dilakukan di singkapan batuan di lereng *lowwall*. Cara pengukuran dengan metode pengukuran singkapan dengan garis bentangan (*scanline*). Arah umum orientasi bidang kekar di tambang Tutupan diperoleh seperti tertera pada Gambar 2.

4.2. Orientasi bidang kekar

Secara umum arah umum orientasi kekar mempunyai orientasi arah kemiringan kekar

yang sangat random, hanya beberapa lokasi ditemukan memiliki arah yang berlawanan dengan arah kemiringan lereng (Gambar 2). Berdasarkan orientasi kekar random maka potensi yang paling mungkin terjadinya kelongsoran adalah jenis kelongsoran busur dan dapat terjadi perubahan kekuatan batuan menjadi batuan lunak akibat dari pengaruh hujan dan panas.

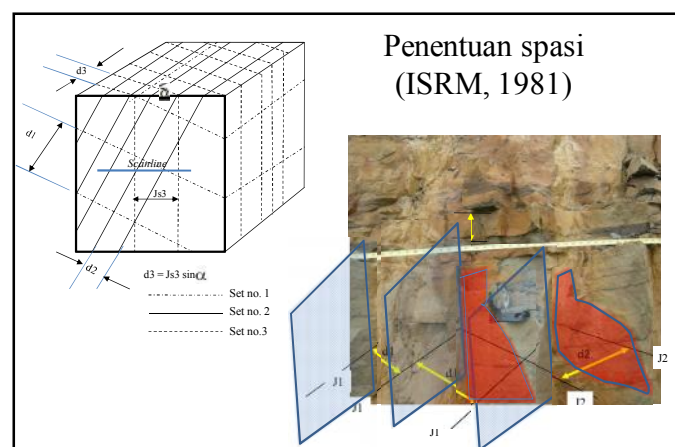


Gambar 2. Arah umum orientasi bidang kekar di Pit PAMA (Saptono, 2012)

5. Pengukuran jarak bidang kekar

Hasil pengukuran jarak kekar berupa frekuensi kekar yang mencerminkan kualitas massa batuan yang selanjutnya dikenal dengan nama *Rock Quality Designation* atau RQD (Deere & Miller, 1966). Jarak bidang kekar adalah jarak tegak lurus antar bidang kekar. Seperti ditunjukkan pada Gambar 4 notasi d_n adalah

spasi bidang kekar dengan jarak antara bidang kekar J_n dan J_{s_n} adalah jarak antar kekar yang terukur atau jarak pengukuran. Gambar 3 menunjukkan tiga spasi kekar. Oleh karena pengukuran kekar dilakukan pada permukaan singkapan massa batuan maka perlu koreksi untuk mendapatkan jarak kekar sesungguhnya.

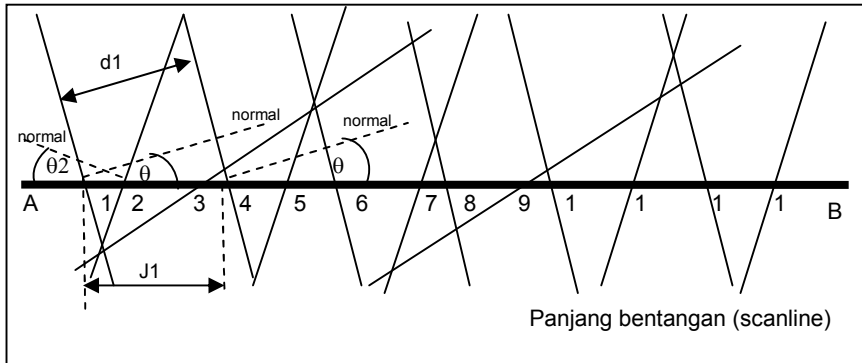


Gambar 3. Penentuan spasi bidang kekar (Saptono, 2012)



Besar koreksi spasi kekar sebesar $\sin \theta$ dengan θ adalah sudut antara arah bidang kekar arah bidang permukaan singkapan (Terzaghi, 1965). Untuk mempermudah pengukuran dan

menghitung spasi bidang kekar sebagai ilustrasi pengukuran jarak kekar sebenarnya dengan menggunakan metode *scanline* seperti ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Pengukuran jarak antar bidang kekar pada *scanline* (Kramadibrata, 1996)

Dengan memahami pengertian bidang kekar seperti pada Gambar 4 dan 5, adalah mengikuti prosedur sebagai berikut

- Pastikan wilayah atau daerah singkapan, jenjang atau lereng yang akan diobservasi aman dari peluang jatuhnya batuan atau longsor atau kegiatan operasional penambangan.
- Membuat garis bentangan (*scanline*),
- Garis mempunyai kemiringan (*dip*),
- Garis bentangan mempunyai ketinggian setinggi mata peneliti,
- Panjang minimum adalah 10 kali jarak rata-rata kekar,
- Mengukur variasi orientasi keluarga kekar,
- Mempunyai kerataan permukaan singkapan massa batuan,
- Ketersediaan muka singkapan massa batuan yang saling tegak lurus,
- Pengukuran dilakukan minimum dua kali, maju dan mundur,
- Mengetahui variasi jenis batuan.

Untuk menentukan jarak antar kekar dari hasil pengukuran dilakukan perhitungan seperti persamaan dibawah ini. Perhitungan jarak sebenarnya antar bidang kekar dihitung dengan persamaan (1) sampai persamaan (3); (Kramadibrata, 1996),

$$d_{i,i+1} = j_{i,i+1} \cos \frac{(\theta_i + \theta_{i+1})}{2} \quad \dots (1)$$

Keterangan: $d_{i,i+1}$ = jarak sebenarnya antar bidang kekar, $j_{i,i+1}$ = jarak semu antar bidang kekar dan θ_i = sudut antara garis normal dengan scanline.

Selanjutnya jarak rata-rata antar bidang kekar pada set bidang kekar A dihitung dengan persamaan (2);

$$dswA = \frac{\sum_{i=1}^n dswA_{i,i+1} \cos(\theta_{i,i+1})}{k} \quad \dots (2)$$

Keterangan: $dswA$ = jarak rata-rata kekar A sepanjang *scanline*, $dswA_{i,i+1}$ = jarak semu antar bidang kekar pada set bidang kekar A. Jarak rata-rata antar bidang kekar sepanjang *scanline* dihitung dengan persamaan (3);

$$dsw = \frac{\sum_{i=1}^m dsw_m}{m} \quad \dots (3)$$

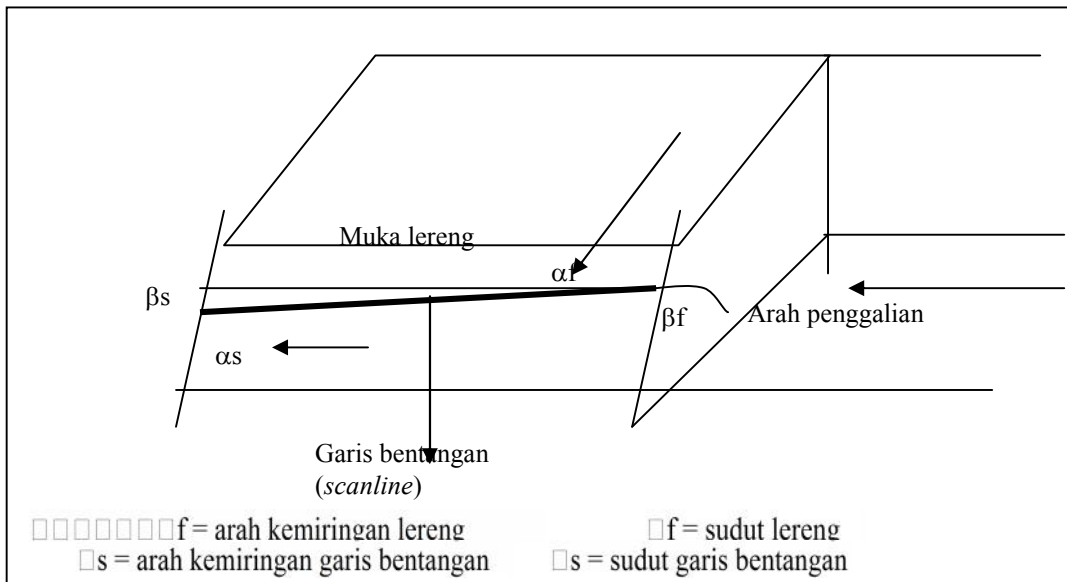
Keterangan: dsw = jarak rata-rata kekar sepanjang *scanline* dan dsw_m = jumlah jarak kekar sebenarnya sepanjang *scanline* setiap set dan m = jumlah set kekar.

Beberapa istilah yang digunakan dalam pengukuran spasi kekar (Gambar 5) dan penggunaan faktor koreksi untuk menentukan jarak kekar sebenarnya adalah sebagai berikut

- $\angle f \angle f$ = arah kemiringan dan sudut lereng
- $\angle s \angle s$ = arah dan sudut kemiringan garis bentangan
- $\angle d \angle d$ = arah dan sudut kemiringan bidang kekar
- $\angle n \angle 1$ = arah dan sudut kemiringan arah normal terhadap bidang kekar
- \angle = sudut normal terhadap kekar dan garis bentangan



- \bar{A} = nilai rata-rata \bar{A} untuk kekar keluarga A
- W = faktor bobot Terzaghi = $1/\cos \alpha$
- $i-m$ = nomor jalur
- $Ji-m$ = jarak semu kekar untuk nomor jalur $i-m$
- $d(im)$ = jarak sebenarnya untuk jalur $i-m$
- dxw = jarak sebenarnya kekar rata-rata dari satu keluarga kekar
- dsw = bobot rata-rata jarak sebenarnya kekar dari garis bentangan



Gambar 5. Istilah pada pengukuran spasi kekar pada massa batuan (Kramadibrata, 1996)

Contoh: hasil pengukuran kekar

Lokasi	: Penampang 5	Geometri Lereng	
Jenis batuan	: Batupasir halus	Arah kemiringan ($^\circ$)	: N150 $^\circ$ E
Blok/Elevasi	: 47 – 102 / 102 mRL	Kemiringan (α)	: 38 $^\circ$
Tanggal	: 09/03/2008	Tinggi lereng (h)	: 12 m
Cuaca	: cerah	Scanline	
Jam	: 08.30 WITA	Arah kemiringan (α_s)	: N240 $^\circ$ E
		Kemiringan (α_s)	: 2 $^\circ$
		Panjang	: 28 m

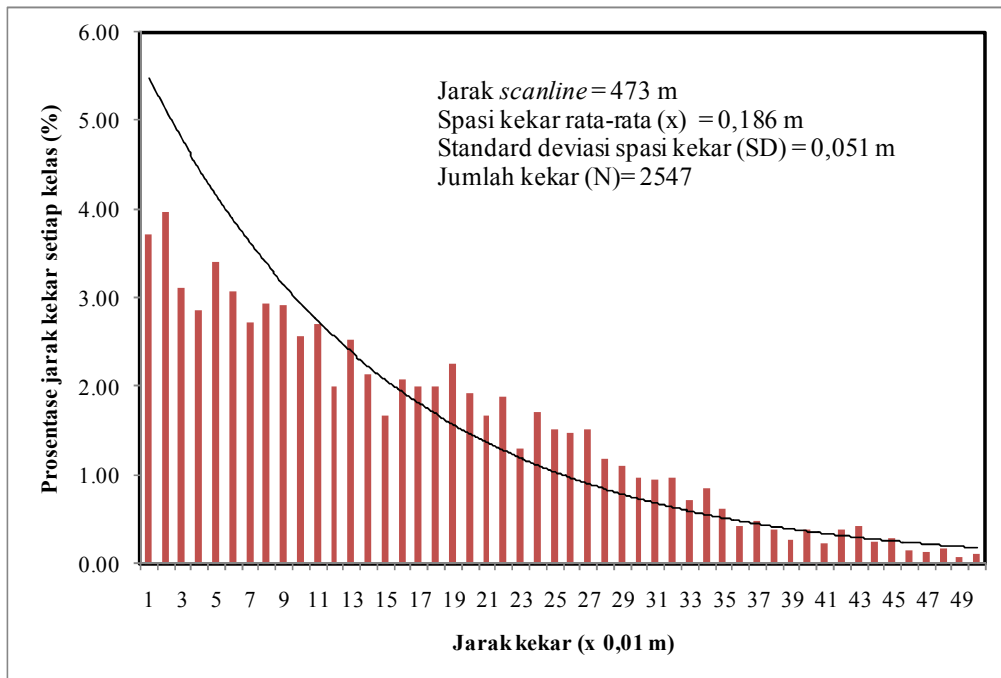
Hasil perhitungan berdasarkan jarak semu bidang kekar (jarak pengukuran) untuk bidang kekar A adalah 1,04 m dan jarak sebenarnya bidang kekar terkoreksi (dxw) adalah 0,88 m, jarak semu bidang kekar (jarak pengukuran) untuk kekar B adalah 1,07 m dan jarak sebenarnya bidang kekar (dxw) adalah 0,45 m, jarak semu bidang kekar (jarak pengukuran) untuk bidang kekar C adalah 1,28 m dan jarak sebenarnya bidang kekar (dxw) adalah 1,07 m dan jarak semu bidang kekar (jarak pengukuran) untuk bidang kekar D adalah 0,34 m dan jarak sebenarnya kekar (dxw) adalah 0,10 m. Sehingga jarak sebenarnya kekar A, B, C dan D rata-rata adalah 0,62 m (Lampiran).

Tujuan perhitungan spasi bidang kekar adalah untuk menentukan bobot spasi bidang kekar dan bobot kualitas massa batuan (*Rock Quality Designation*, RQD). Sebelum menentukan RQD maka hasil pengukuran spasi bidang kekar perlu dibuat hubungan antar jarak spasi bidang kekar dengan jumlah bidang kekar dalam distribusi frekuensi. Jika distribusi frekuensi membentuk fungsi ekponensial maka persamaan **Priest & Hudson (1976)** untuk menentukan RQD dapat digunakan. Gambar 6 menunjukkan hasil pengukuran spasi bidang kekar dalam bentuk distribusi frekuensi, ternyata membentuk fungsi eskponensial serupa dengan hasil pengukuran spasi bidang kekar **Priest & Hudson (1976)**.



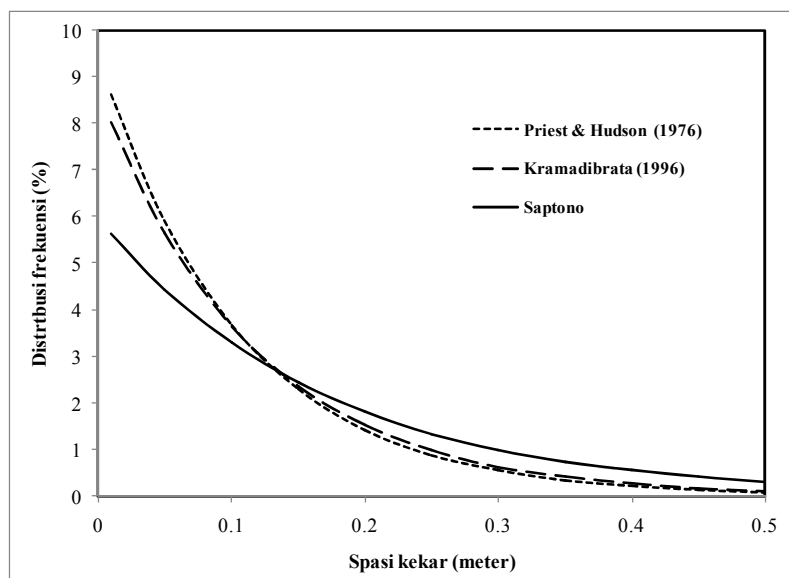
Persamaan fungsi spasi bidang kekar di
singkapan batuan tambang Tutupan, yaitu
 $f(x) = Ae^{-\lambda x} = 100 e^{-0,1x} (0,1x + 1) \dots (4)$

Keterangan: $f(x)$ = RQD (%), A = konstanta,
dan λ = frekuensi kekar per meter.



Gambar 6. Distribusi frekuensi spasi bidang kekar di massa batuan (Saptono, 2012)

Hasil distribusi spasi kekar menunjukkan kemiripan dengan hasil Priest & Hudson (1976) dan Kramadibrata (1996), (Gambar 7).



Gambar 7. Hasil disitribusi spasi kekar Tutupan terhadap hasil penelitian terdahulu (Saptono, 2012)

Hasil pengukuran jarak bidang kekar dan RQD (Tabel 1) menunjukkan bahwa jarak spasi bidang kekar dari 10 cm hingga 63 cm. Hasil

perhitungan RQD yaitu RQD rata-rata adalah 91%, RQD yang tertinggi sebesar 98% terdapat pada batupasir di Pit SIS, sedang RQD terendah



sebesar 71% terdapat pada batulumpur Pit Buma (Tabel 1).

Tabel 1. Hasil pengukuran jarak bidang kekar dan RQD (Saptono, 2012)

Penampang	Jenis batuan	Panjang garis bentangan (m)	Jumlah bidang kekar terukur (Jn)	Jarak bidang kekar sebenarnya rata ² (d, m)	Frekuensi kekar (\square, m^{-1})	RQD (%)
1	Batupasir kasar	52	1	0,42	2	97
2	Batupasir kasar	71	3	0,27	4	95
3	Batupasir halus	88	2	0,56	2	98
4	Batupasir halus	22	2	0,22	5	92
5	Batupasir halus	88	4	0,63	2	98
6	Batupasir halus	112	3	0,37	3	97
7	Batupasir halus	68	2	0,20	5	91
8	Batupasir halus	56	4	0,36	3	97
9	Batupasir kasar	47	1	0,20	5	91
10	Batupasir kasar	35	2	0,27	4	94
11	Batupasir kasar	56	1	0,50	2	98
12	Batupasir kasar	30	2	0,23	4	93
13	Batupasir kasar	28	4	0,10	10	74
14	Batupasir kasar	60	2	0,24	4	93
15	Batupasir halus	36	3	0,20	5	91
16	Batupasir halus	17	2	0,16	6	86
17	Batupasir halus	36	4	0,20	5	91
18	Batupasir halus	286	3	0,63	2	99
19	Batupasir halus	155	4	0,56	2	98
20	Batulumpur	17	3	0,15	7	85
21	Batulumpur	66	3	0,63	2	99
22	Batulumpur	10	4	0,10	11	72

laboratorium dan teknisi yang terlibat dalam penelitian ini.

6. Kesimpulan

Hasil pengukuran spasi bidang kekar di tambang Tutupan membentuk distribusi frekuensi sebagai fungsi eskponensial yang serupa dengan hasil pengukuran spasi bidang kekar **Priest & Hudson (1976)** dan **Kramadibrata (1996)**. Bentuk persamaan fungsi spasi bidang kekar yaitu

$$f(x) = Ae^{-\square x}$$

Dengan demikian memastikan bahwa persamaan **Priest & Hudson (1976)** dapat digunakan untuk menghitung RQD dengan metode pengukuran *scanline* dari singkapan batuan di massa batuan tambang batubara dan dapat sebagai alternatif perhitungan RQD dari inti bor (**Deere & Miller, 1966**).

Ucapan terimakasih

Terimakasih penulis ucapan terimakasih kepada pihak manajemen PT. Adaro Indonesia, yang mendukung penelitian karakterisasi massa batuan dan tak lupa terima kasih kepada kawan-kawan mahasiswa S3, S2 dan S1, staf

Daftar Pustaka

- Bieniawski, Z.T. (1973): *Engineering Classification of Jointed Rock Masses*, Trans. S. Afr. Inst. Civ. Eng. 15. pp. 335 – 344.
- Bieniawski, Z.T. (1989): *Engineering Rock Mass Classifications*, John-Wiley, New York.
- Deere, D.U. and Miller, R.P. (1966): *Engineering Classification and Index Properties for Intact Rocks*, Technical Report, Air Force Weapons Laboratory, New Mexico, AFNL-TR. 65-116.
- Kramadibrata, S. (1996): *The Influence of Rock Mass and Intact Rock Properties on The Design of Surface Mines with Particular Reference to The Excavatability of Rock*, Ph. D. Thesis, Curtin University of Technology.



PROSIDING SIMPOSIUM DAN SEMINAR
GEOMEKANIK KE-1 TAHUN 2012
MENGAGAS MASA DEPAN REKAYASA BATUAN &
TEROWONGAN DI INDONESIA

Priest, S.D. and Hudson, J.A. (1976):
Discontinuity Spacing in Rock,
International Journal of Rock Mechanics
and Mining Sciences and Geomechanics
Abstracts, 13, 135 – 148.

Saptono, S. (2012): *Pengembangan Metode
Analisis Stabilitas Lereng Berdasarkan
Karakterisasi Batuan di Tambang Terbuka
Batubara*, Disertasi Doktor, Rekayasa
Pertambangan, Institut Teknologi Bandung.



PROSIDING SIMPOSIUM DAN SEMINAR
GEOMEKANIKA KE-1 TAHUN 2012
MENGAGAS MASA DEPAN REKAYASA BATUAN &
TEROWONGAN DI INDONESIA

Lampiran. Contoh penentuan jarak sebenarnya antar bidang kekar dari hasil pengukuran pada batupasir halus

bid kekar	Kekar No.	ad o	bd o	Jarak Kekar,m	an ad + 180	bn 90 - bd	cos(an-as)	cos bn	cos bs	sin bn	sin bs	abs [cos tetha]	tetha o	i-m			ji-m m	d(im) m	dxw m
														dari		ke			
A	1	32	60		212	30	0.88	0.87	1.00	0.50	0.03	0.78	38.59						
A	2	40	81	1.00	220	9	0.94	0.99	1.00	0.16	0.03	0.93	21.09	1	-	2	1.00	0.87	
A	3	33	51	1.29	213	39	0.89	0.78	1.00	0.63	0.03	0.71	44.44	2	-	3	1.29	1.08	
A	4	36	56	1.19	216	34	0.91	0.83	1.00	0.56	0.03	0.78	39.07	3	-	4	1.19	0.89	
A	5	34	42	1.30	214	48	0.90	0.67	1.00	0.74	0.03	0.63	51.17	4	-	5	1.3	0.92	
A	6	44	62	1.38	224	28	0.96	0.88	1.00	0.47	0.03	0.86	30.16	5	-	6	1.38	1.05	
A	7	39	58	1.20	219	32	0.93	0.85	1.00	0.53	0.03	0.81	35.93	6	-	7	1.2	1.01	
A	8	34	58	0.90	214	32	0.90	0.85	1.00	0.53	0.03	0.78	38.72	7	-	8	0.9	0.72	
A	9	38	60	0.84	218	30	0.93	0.87	1.00	0.50	0.03	0.82	34.92	8	-	9	0.84	0.67	
A	10	32	74	0.72	212	16	0.88	0.96	1.00	0.28	0.03	0.86	30.92	9	-	10	0.72	0.60	
A	11	37	43	0.72	217	47	0.92	0.68	1.00	0.73	0.03	0.65	49.24	10	-	11	0.72	0.55	
A	12	63	68	1.45	243	22	1.00	0.93	1.00	0.37	0.03	0.94	20.21	11	-	12	1.45	1.19	
A	13	37	64	1.68	217	26	0.92	0.90	1.00	0.44	0.03	0.84	32.63	12	-	13	1.68	1.50	
A	14	69	73	1.23	249	17	0.99	0.96	1.00	0.29	0.03	0.95	17.42	13	-	14	1.23	1.11	
A	15	79	64	1.19	259	26	0.95	0.90	1.00	0.44	0.03	0.86	30.16	14	-	15	1.19	1.09	
A	16	66	79	0.30	246	11	0.99	0.98	1.00	0.19	0.03	0.98	10.79	15	-	16	0.3	0.28	
A	17	65	76	0.35	245	14	1.00	0.97	1.00	0.24	0.03	0.97	12.98	16	-	17	0.35	0.34	
A	18	64	68	0.82	244	22	1.00	0.93	1.00	0.37	0.03	0.94	20.37	17	-	18	0.82	0.79	
A	19	78	54	0.88	258	36	0.95	0.81	1.00	0.59	0.03	0.79	37.86	18	-	19	0.88	0.77	
A	20	83	63	0.65	263	27	0.92	0.89	1.00	0.45	0.03	0.84	33.33	19	-	20	0.65	0.53	
A	21	46	76	1.30	226	14	0.97	0.97	1.00	0.24	0.03	0.95	18.32	20	-	21	1.3	1.17	
A	22	87	66	1.43	267	24	0.89	0.91	1.00	0.41	0.03	0.83	34.14	21	-	22	1.43	1.28	
B	23	185	42														1.04	A	0.88
B	24	170	48	1.22	350	42	-0.34	0.74	1.00	0.67	0.03	0.23	76.66	23	-	24	1.22	0.96	
B	25	148	48	1.24	328	42	0.03	0.74	1.00	0.67	0.03	0.05	87.18	24	-	25	1.24	0.17	
B	26	177	88	1.10	357	2	-0.45	1.00	1.00	0.03	0.03	0.45	63.11	25	-	26	1.10	0.28	
B	27	192	45	1.30	12	45	-0.67	0.71	1.00	0.71	0.03	0.45	63.37	26	-	27	1.30	0.59	
B	28	169	69	0.60	349	21	-0.33	0.93	1.00	0.36	0.03	0.29	73.07	27	-	28	0.60	0.22	
B	29	185	76	0.69	5	14	-0.57	0.97	1.00	0.24	0.03	0.55	56.79	28	-	29	0.69	0.29	
B	30	170	64	1.80	350	26	-0.34	0.90	1.00	0.44	0.03	0.29	73.03	29	-	30	1.80	0.76	
B	31	171	66	0.80	351	24	-0.36	0.91	1.00	0.41	0.03	0.31	71.76	30	-	31	0.80	0.24	
B	32	121	76	1.25	301	14	0.48	0.97	1.00	0.24	0.03	0.48	61.41	31	-	32	1.25	0.50	
B	33	178	66	0.14	358	24	-0.47	0.91	1.00	0.41	0.03	0.41	65.52	32	-	33	0.14	0.06	
B	34	167	77	0.43	347	13	-0.29	0.97	1.00	0.22	0.03	0.28	73.93	33	-	34	0.43	0.15	
B	35	189	72	1.23	9	18	-0.63	0.95	1.00	0.31	0.03	0.59	54.03	34	-	35	1.23	0.54	



PROSIDING SIMPOSIUM DAN SEMINAR
GEOMEKANIKA KE-1 TAHUN 2012
MENGAGAS MASA DEPAN REKAYASA BATUAN &
TEROWONGAN DI INDONESIA

Lampiran. (Lanjutan)

bid kekar	Kekar No.	ad o	bd o	Jarak Kekar,m	an ad + 180	bn 90 - bd	cos(an-as)	cos bn	cos bs	sin bn	sin bs	abs [cos tetha]	tetha	i-m			ji-m m	d(im)	dxw
													o	dari	-	ke			
B	36	123	64	1.98	303	26	0.45	0.90	1.00	0.44	0.03	0.42	64.97	35	-	36	1.98	1.00	
B	37	169	78	1.30	349	12	-0.33	0.98	1.00	0.21	0.03	0.31	71.88	36	-	37	1.30	0.48	
B	38	169	76	1.36	349	14	-0.33	0.97	1.00	0.24	0.03	0.31	72.11	37	-	38	1.36	0.42	
B	39	196	78	1.30	16	12	-0.72	0.98	1.00	0.21	0.03	0.70	45.90	38	-	39	1.30	0.67	
B	40	176	78	1.10	356	12	-0.44	0.98	1.00	0.21	0.03	0.42	65.08	39	-	40	1.10	0.62	
B	41	122	65	0.34	302	25	0.47	0.91	1.00	0.42	0.03	0.44	63.90	40	-	41	0.34	0.15	
B	42	121	59	0.98	301	31	0.48	0.86	1.00	0.52	0.03	0.43	64.32	41	-	42	0.98	0.43	
B	43	165	70	1.73	345	20	-0.26	0.94	1.00	0.34	0.03	0.23	76.64	42	-	43	1.73	0.58	
B	44	188	76	1.34	8	14	-0.62	0.97	1.00	0.24	0.03	0.59	53.94	43	-	44	1.34	0.56	
B	45	124	67	0.24	304	23	0.44	0.92	1.00	0.39	0.03	0.42	65.36	44	-	45	0.24	0.12	
B	46	181	52	1.18	1	38	-0.52	0.79	1.00	0.62	0.03	0.38	67.41	45	-	46	1.18	0.47	
C	47	234	72														1.07	B	0.45
C	48	235	69	1.20	55	21	-1.00	0.93	1.00	0.36	0.03	0.92	23.52	47	-	48	1.20	1.17	
C	49	242	72	2.20	62	18	-1.00	0.95	1.00	0.31	0.03	0.94	20.10	48	-	49	2.20	2.04	
C	50	264	73	2.30	84	17	-0.91	0.96	1.00	0.29	0.03	0.86	30.36	49	-	50	2.30	2.08	
C	51	232	76	1.30	52	14	-0.99	0.97	1.00	0.24	0.03	0.95	17.86	50	-	51	1.30	1.19	
C	52	251	50	3.00	71	40	-0.98	0.77	1.00	0.64	0.03	0.73	43.19	51	-	52	3.00	2.58	
C	53	268	52	1.20	88	38	-0.88	0.79	1.00	0.62	0.03	0.67	47.63	52	-	53	1.20	0.84	
C	54	258	42	2.90	78	48	-0.95	0.67	1.00	0.74	0.03	0.61	52.41	53	-	54	2.90	1.86	
C	55	260	75	2.90	80	15	-0.94	0.97	1.00	0.26	0.03	0.90	26.09	54	-	55	2.90	2.25	
C	56	250	54	1.10	70	36	-0.98	0.81	1.00	0.59	0.03	0.78	39.13	55	-	56	1.10	0.93	
C	57	243	82	1.20	63	8	-1.00	0.99	1.00	0.14	0.03	0.98	10.44	56	-	57	1.20	1.09	
C	58	231	78	0.91	51	12	-0.99	0.98	1.00	0.21	0.03	0.96	16.61	57	-	58	0.91	0.89	
C	59	256	67	2.40	76	23	-0.96	0.92	1.00	0.39	0.03	0.87	29.46	58	-	59	2.40	2.21	
C	60	272	66	2.30	92	24	-0.85	0.91	1.00	0.41	0.03	0.76	40.53	59	-	60	2.30	1.88	
C	61	248	50	1.30	68	40	-0.99	0.77	1.00	0.64	0.03	0.74	42.63	60	-	61	1.30	0.97	
C	62	246	61	1.20	66	29	-0.99	0.87	1.00	0.48	0.03	0.85	31.53	61	-	62	1.20	0.96	
C	63	250	68	1.20	70	22	-0.98	0.93	1.00	0.37	0.03	0.90	25.91	62	-	63	1.20	1.05	
C	64	282	72	1.20	102	18	-0.74	0.95	1.00	0.31	0.03	0.70	45.93	63	-	64	1.20	0.97	
C	65	231	85	1.20	51	5	-0.99	1.00	1.00	0.09	0.03	0.98	11.39	64	-	65	1.20	1.05	
C	66	253	50	1.20	73	40	-0.97	0.77	1.00	0.64	0.03	0.72	43.65	65	-	66	1.20	1.06	
C	67	231	76	0.92	51	14	-0.99	0.97	1.00	0.24	0.03	0.95	18.32	66	-	67	0.92	0.79	
C	68	231	58	0.98	51	32	-0.99	0.85	1.00	0.53	0.03	0.82	35.05	67	-	68	0.98	0.88	
C	69	245	52	0.40	65	38	-1.00	0.79	1.00	0.62	0.03	0.76	40.27	68	-	69	0.40	0.32	
C	70	265	80	0.30	85	10	-0.91	0.98	1.00	0.17	0.03	0.89	27.63	69	-	70	0.30	0.25	
C	71	245	56	0.45	65	34	-1.00	0.83	1.00	0.56	0.03	0.81	36.31	70	-	71	0.45	0.38	
C	72	276	78	0.30	96	12	-0.81	0.98	1.00	0.21	0.03	0.78	38.41	71	-	72	0.30	0.24	



PROSIDING SIMPOSIUM DAN SEMINAR
GEOMEKANIKA KE-1 TAHUN 2012
MENGAGAS MASA DEPAN REKAYASA BATUAN &
TEROWONGAN DI INDONESIA

Lampiran (Lanjutan)

bid kekar	Kekar No.	ad o	bd o	Jarak Kekar,m	an ad + 180	bn 90 - bd	cos(an-as)	cos bn	cos bs	sin bn	sin bs	abs [cos tetha]	tetha o	i-m			ji-m	d(im)	dxw
														dari	-	ke			
C	73	249	40	0.33	69	50	-0.99	0.64	1.00	0.77	0.03	0.61	52.57	72	-	73	0.33	0.23	
C	74	239	43	0.65	59	47	-1.00	0.68	1.00	0.73	0.03	0.66	49.01	73	-	74	0.65	0.41	
C	75	246	72	0.30	66	18	-0.99	0.95	1.00	0.31	0.03	0.93	20.85	74	-	75	0.30	0.25	
C	76	265	67	0.39	85	23	-0.91	0.92	1.00	0.39	0.03	0.82	34.90	75	-	76	0.39	0.34	
D	77	354	66														1.28	C	1.07
D	78	348	55	0.71	168	35	0.31	0.82	1.00	0.57	0.03	0.27	74.16	77	-	78	0.71	0.57	
D	79	337	62	0.60	157	28	0.12	0.88	1.00	0.47	0.03	0.12	82.88	78	-	79	0.60	0.12	
D	80	338	59	0.20	158	31	0.14	0.86	1.00	0.52	0.03	0.14	82.11	79	-	80	0.20	0.03	
D	81	354	62	0.25	174	28	0.41	0.88	1.00	0.47	0.03	0.38	67.96	80	-	81	0.25	0.06	
D	82	332	28	0.80	152	62	0.03	0.47	1.00	0.88	0.03	0.05	87.30	81	-	82	0.80	0.17	
D	83	358	81	0.10	178	9	0.47	0.99	1.00	0.16	0.03	0.47	62.04	82	-	83	0.10	0.03	
D	84	353	28	0.30	173	62	0.39	0.47	1.00	0.88	0.03	0.21	77.63	83	-	84	0.30	0.10	
D	85	330	43	0.21	150	47	0.00	0.68	1.00	0.73	0.03	0.03	88.54	84	-	85	0.21	0.03	
D	86	312	52	0.23	132	38	-0.31	0.79	1.00	0.62	0.03	0.22	77.18	85	-	86	0.23	0.03	
D	87	345	63	0.31	165	27	0.26	0.89	1.00	0.45	0.03	0.25	75.74	86	-	87	0.31	0.07	
D	88	331	69	0.23	151	21	0.02	0.93	1.00	0.36	0.03	0.03	88.35	87	-	88	0.23	0.03	
D	89	312	68	0.24	132	22	-0.31	0.93	1.00	0.37	0.03	0.27	74.14	88	-	89	0.24	0.04	
D	90	343	52	0.30	163	38	0.22	0.79	1.00	0.62	0.03	0.20	78.54	89	-	90	0.30	0.07	
D	91	331	56	0.28	151	34	0.02	0.83	1.00	0.56	0.03	0.03	88.05	90	-	91	0.28	0.03	
																	0.34	D	0.10

$\square\square = 1/\text{jarak kekar sebenarnya}$ = 1/0,62 = 2 joints/m 1.02 dsw 0.62
 RQD measured = 99 %
 RQD calculated = 98 %